



(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 645 401 A1**

(12)

# EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **94114431.3**

(51) Int. Cl.<sup>8</sup>: **C08F 10/06, C08F 4/642,  
C07F 17/00**

(22) Anmeldetag: **14.09.94**

(30) Priorität: **29.09.93 DE 4333128**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**29.03.95 Patentblatt 95/13**

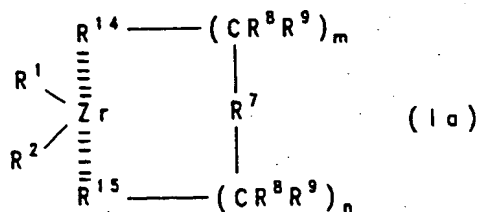
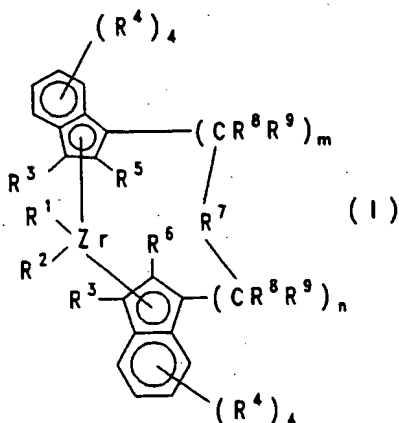
(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE DE ES FR GB IT NL SE**

(71) Anmelder: **HOECHST AKTIENGESELLSCHAFT  
Brüningstrasse 50  
D-65929 Frankfurt am Main (DE)**

(72) Erfinder: **Winter, Andreas, Dr.  
Taunusblick 10  
D-61479 Glashütten (DE)  
Erfinder: Spaleck, Walter, Dr.  
Sulzbacher Strasse 63  
D-65835 Liederbach (DE)  
Erfinder: Bachmann, Bernd, Dr.  
Kreuzheck 4  
D-65817 Eppstein (DE)**

(54) Verfahren zur Herstellung von Polyolefinen.

(57) Polyolefine mit einer Molmassenverteilung  $M_w/M_n \geq 3$ , die monomodal, bimodal oder multimodal sein kann, erhält man durch Polymerisation oder Copolymerisation von Olefinen, wobei ein Katalysatorsystem bestehend aus einem Aluminoxan und einer Übergangsmetallkomponente (Metallocen) verwendet wird, wobei die Übergangsmetallkomponente aus mindestens einem Zirkonocen der Formel I und mindestens einem Zirkonocen der Formel Ia



oder alternativ aus mindestens 2 Zirkonocenen der Formel I besteht.

EP 0 645 401 A1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von Polyolefinen mit breiter Molmassenverteilung und hohem Molekulargewicht.

Von Metallocenkatalysatoren in Verbindung mit Aluminoxanen ist bekannt, daß sie Olefine zu Polyolefinen mit enger Molmassenverteilung ( $M_w/M_n$  von 2-3) polymerisieren können (J. Polym. Sci., Pol. Chem. Ed. 23 (1985) 2117; EP-A 302 424). Solche eng verteilten Polyolefine eignen sich beispielsweise für Anwendungen im Präzisionsspritzguß, Spritzguß allgemein und für die Faserherstellung. Für zahlreiche Anwendungen wie beispielsweise Tiefziehen, Extrudieren, Hohlkörperblasformen sowie für die Herstellung von Polyolefin-schäumen und Folien werden breitere oder bimodale Molmassenverteilungen gefordert.

Für Polyethylen wurde vorgeschlagen, solche Produkte durch Verwendung von zwei oder mehr Metallocenkatalysatoren bei der Polymerisation zu realisieren (EP-A 128 045); die beschriebenen Systeme sind jedoch achirale Katalysatoren und würden bei der Polymerisation von Propen ataktisches Polypropylen liefern. Ataktisches Polypropylen ist als Konstruktionswerkstoff jedoch ungeeignet.

Die Herstellung von Stereoblockpolypropylen mit  $M_w/M_n$  von 13-15 ist aus DE-OS 3 640 924 bekannt. Diese Katalysatorsysteme sind ebenfalls nicht geeignet, Polyolefine hoher Taktizität zu bilden. Ferner sind die bei technisch relevanten Polymerisationstemperaturen realisierbaren Aktivitäten der Metallocene und die Molmassen der Polymerprodukte zu gering. Darüberhinaus liefern die vorgeschlagenen Katalysatoren bei solchen Polymerisationstemperaturen nur ataktisches Polymer.

In der EP-A 310 734 werden Katalysatorsysteme bestehend aus einer Mischung eines Hafnocens und eines Zirkonocens zur Herstellung von Polypropylen vorgeschlagen. Die Produkte haben breite bis bimodale Verteilungen mit  $M_w/M_n$  von 3,7 bis 10,3.

Unter Verwendung nur eines Hafnocenkatalysators wird bei einer bestimmten Polymerisationstemperatur gemäß EP-A 355 439 breitverteiltes Polypropylen erhalten.

Syndiotaktisches Polypropylen mit breiter Verteilung wird in der EP-A 387 691 ( $M_w/M_n$  bis 6,4) bei Verwendung eines Hafnocens beschrieben.

Gemeinsame Nachteile dieser Verfahren sind die für industrielle Anwendungen zu hohen Kosten für die Hafniumkatalysatoren in Verbindung mit ihrer niedrigen Polymerisationsaktivität, die zusätzlich eine umfassende kostenintensive Reinigung des hergestellten Polymers von Katalysatorresten (hohe Restaschengehalt) erforderlich macht.

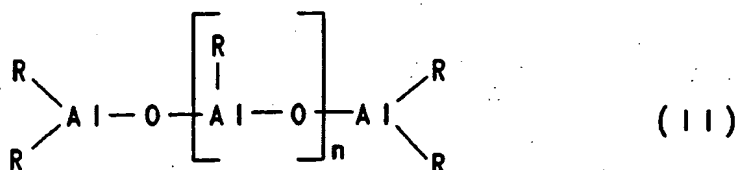
In EP-A-0 516 018 wird die Verwendung von zwei Zirkonocenen zur Herstellung von Polymeren mit breiter Molmassenverteilung beschrieben. Die dort beschriebenen Metallocene besitzen jedoch Defizite in Polymerisationsaktivität und erreichbarer Molmassenhöhe bei technisch relevanten Polymerisationstemperaturen über 50° C.

Es bestand somit die Aufgabe, ein Katalysatorsystem und ein Verfahren zu finden, mittels dessen Polyolefine mit breiter, bimodaler oder multimodaler Verteilung hergestellt werden können, welches die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile vermeidet.

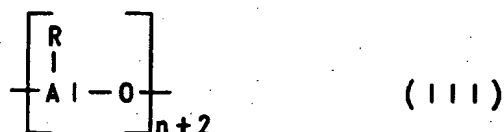
Insbesondere sollte das neue Verfahren die aufgrund niedriger Polymerisationsaktivität auftretenden hohen Restaschengehalte vermeiden und die Herstellung von hochmolekularen Polymerformmassen ermöglichen, die beispielsweise für die Produktion von gepreßten Platten oder extrudierten Platten und Rohren sowie für das Hohl- und Großhohlkörperblasformen benötigt werden. Bevorzugte Einsatzgebiete für solche Polymere mit geringer Fließfähigkeit sind beispielsweise blasgeformte Koffer mit Filmscharnieren, Konturverpackungen, Stanzplatten, Heißwasserbehälter, Abwasser- und Heißwasserrohre, Druckrohre, Filterplatten, Wärmetauscher, Vollstäbe oder Kfz-Teile wie Bremsflüssigkeits- und Kühlwasserbehälter. Im Bereich der Folienanwendungen werden solche Formmassen für reißfeste BOPP-Folien verwendet.

Überraschend wurde gefunden, daß die Nachteile des Standes der Technik vermieden werden können, durch Verwendung eines Katalysatorsystems bestehend aus mindestens zwei stereorigiden Zirkonocenen, von denen mindestens eines am Sechsring substituierte Indenyliganden aufweist, und einer Aluminiumverbindung als Kokatalysator.

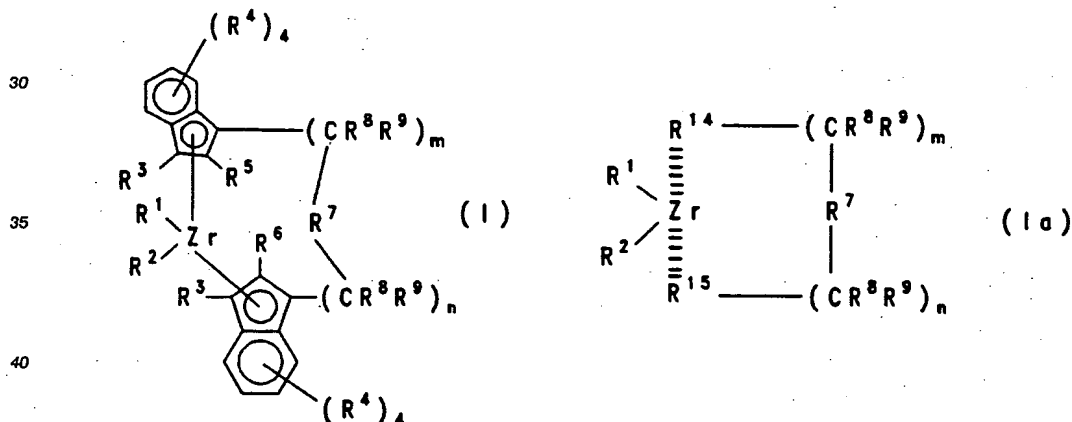
Die Erfindung betrifft somit ein Verfahren zur Herstellung eines Polyolefins mit einer Molmassenverteilung  $M_w/M_n \geq 3,0$ , die monomodal, bimodal oder multimodal sein kann, durch Polymerisation oder Copolymerisation eines Olefins der Formel  $R^aCH = CHR^b$ , worin  $R^a$  und  $R^b$  gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom oder einen Alkylrest mit 1 bis 14 C-Atomen bedeuten, oder  $R^a$  und  $R^b$  mit den sie verbindenden Atomen ein Ringsystem bilden können, bei einer Temperatur von 50 bis 200° C, bei einem Druck von 0,5 bis 100 bar, in Lösung, in Suspension oder in der Gasphase, in Gegenwart eines Katalysators, welcher aus einer Übergangsmetallkomponente (Metallocen) und einem Aluminoxan der Formel II



für den linearen Typ und/oder der Formel III



für den cyclischen Typ, wobei in den Formeln II und III die Reste R gleich oder verschieden sein können und eine C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>-Alkylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>-Fluoralkylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>18</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>-Fluorarylgruppe oder Wasserstoff bedeuten und n eine ganze Zahl von 0 bis 50 ist, oder anstelle des Aluminosiloxans aus einer Mischung eines Aluminosiloxans der Formel II und/oder der Formel III mit einer Verbindung AlR<sub>3</sub> besteht, dadurch gekennzeichnet, daß als Übergangsmetallkomponente mindestens ein Zirkonocen der Formel I und mindestens ein Zirkonocen der Formel Ia oder alternativ mindestens 2 Zirkonocene der Formel I verwendet werden,



45 , worin

R<sup>1</sup> und R<sup>2</sup> gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkoxygruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Aryloxygruppe, eine C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-Alkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkylarylgruppe, eine C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenylgruppe oder ein Halogenatom bedeuten,

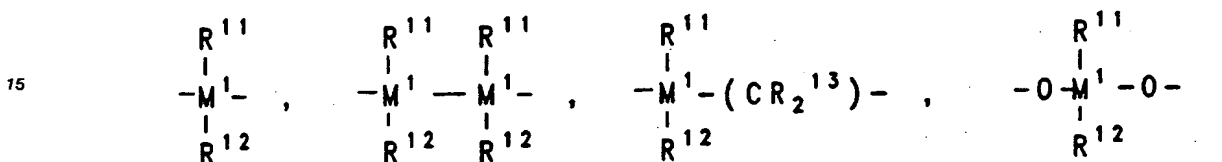
50 R<sup>3</sup> Wasserstoff, ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylgruppe, die halogeniert sein kann, eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-Alkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkylalkoxygruppe, eine C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenylgruppe, einen -NR<sup>10</sup>, -OR<sup>10</sup>, -SR<sup>10</sup>, -OSiR<sub>3</sub><sup>10</sup>, -SiR<sub>3</sub><sup>10</sup> oder -PR<sub>2</sub><sup>10</sup>-Rest bedeuten, worin R<sup>10</sup> ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylgruppe oder eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylgruppe ist,

55 R<sup>4</sup> gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Alkylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Fluoralkylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>-Fluorarylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Alkoxygruppe, eine C<sub>2</sub>-C<sub>20</sub>-Alkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkylgruppe, eine C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkylarylgruppe, einen -NR<sub>2</sub><sup>10</sup>, -OR<sup>10</sup>,

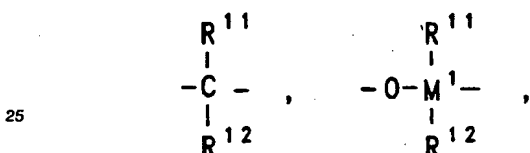
-SR<sup>10</sup>, -OSiR<sub>3</sub><sup>10</sup>, -SiR<sub>3</sub><sup>10</sup> oder -PR<sub>2</sub><sup>10</sup>-Rest bedeuten, worin R<sup>10</sup> ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylgruppe oder eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylgruppe ist, wobei mindestens ein Rest R<sup>4</sup> pro Indenyring von Wasserstoff verschieden ist, oder zwei oder mehr Reste R<sup>4</sup> ein Ringsystem mit den sie verbindenden Atomen bilden,

5 R<sup>5</sup> und R<sup>6</sup> gleich oder verschieden sind und ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylgruppe, die halogeniert sein kann, eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-Alkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkyloxygruppe, eine C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenylgruppe, einen -NR<sub>2</sub><sup>10</sup>, -OR<sup>10</sup>, -SR, -OSiR<sub>3</sub><sup>10</sup>, -SiR<sub>3</sub><sup>10</sup> oder -PR<sub>2</sub><sup>10</sup>-Rest bedeuten, worin R<sup>10</sup> ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylgruppe oder eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylgruppe ist,

10 R<sup>7</sup>



20



=BR<sup>11</sup>, =AIR<sup>11</sup>, -Ge-, -Sn-, -O-, -S-, =SO, =SO<sub>2</sub>, =NR<sup>11</sup>, =CO, =PR<sup>11</sup> oder =P(O)R<sup>11</sup> ist,

30 wobei R<sup>11</sup>, R<sup>12</sup> und R<sup>13</sup> gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Alkylgruppe, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Fluoralkylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>-Fluorarylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Alkoxygruppe, eine C<sub>2</sub>-C<sub>20</sub>-Alkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkylgruppe, eine C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkylarylgruppe bedeuten oder R<sup>11</sup> und R<sup>12</sup> oder R<sup>11</sup> und R<sup>13</sup> jeweils mit den sie verbindenden Atomen einen Ring bilden,

35 M<sup>1</sup> Silizium, Germanium oder Zinn ist,

R<sup>8</sup> und R<sup>9</sup> gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Alkylgruppe, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Fluoralkylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>-Fluorarylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Alkoxygruppe, eine C<sub>2</sub>-C<sub>20</sub>-Alkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkylgruppe, eine C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkylarylgruppe bedeuten oder R<sup>8</sup> und R<sup>9</sup> jeweils mit den sie verbindenden Atomen einen Ring bilden,

40

R<sup>14</sup> und R<sup>15</sup> gleich oder verschieden sind und einen ein- oder mehrkernigen Kohlenwasserstoffrest, welcher mit dem Zirkonatom eine Sandwichstruktur bilden kann, bedeuten und

m und n gleich oder verschieden sind und null, 1 oder 2 sind, wobei m plus n null, 1 oder 2 ist.

45 Alkyl steht für geradkettiges oder verzweigtes Alkyl. Halogen (halogeniert) bedeutet Fluor, Chlor, Brom oder Jod, bevorzugt Fluor oder Chlor.

R<sup>1</sup> und R<sup>2</sup> sind gleich oder verschieden und bedeuten ein Wasserstoffatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-, vorzugsweise C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>-Alkylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-, vorzugsweise C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>-Alkoxygruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-, vorzugsweise C<sub>6</sub>-C<sub>8</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-, vorzugsweise C<sub>6</sub>-C<sub>8</sub>-Aryloxygruppe, eine C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-, vorzugsweise C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub>-Alkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-, vorzugsweise C<sub>7</sub>-C<sub>10</sub>-Arylalkylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-, vorzugsweise C<sub>7</sub>-C<sub>12</sub>-Alkylarylgruppe, eine C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-, vorzugsweise C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub>-Arylalkenylgruppe oder ein Halogenatom, vorzugsweise Chlor.

50 R<sup>3</sup> ist Wasserstoff, ein Halogenatom, bevorzugt ein Fluor-, Chlor- oder Bromatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-, vorzugsweise C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>-Alkylgruppe, die halogeniert sein kann, eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-, vorzugsweise C<sub>6</sub>-C<sub>8</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-, vorzugsweise C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub>-Alkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-, vorzugsweise C<sub>7</sub>-C<sub>10</sub>-Arylalkylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-, vorzugsweise C<sub>7</sub>-C<sub>12</sub>-Alkylarylgruppe, eine C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-, vorzugsweise C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub>-Arylalkenylgruppe, einen -NR<sub>2</sub><sup>10</sup>, -SR<sup>10</sup>, -OSiR<sub>3</sub><sup>10</sup>, -OR<sup>10</sup>, -SiR<sub>3</sub><sup>10</sup> oder -PR<sub>2</sub><sup>10</sup>-Rest, worin R<sup>10</sup> ein Halogenatom, vorzugsweise Chloratom, oder eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-, vorzugsweise C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>-Alkylgruppe oder C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-, vorzugsweise C<sub>6</sub>-C<sub>8</sub>-Arylgruppe ist, besonders bevorzugt ist R<sup>3</sup> Wasserstoff.

Die Reste  $R^4$  sind gleich oder verschieden und bedeuten ein Wasserstoffatom, ein Halogenatom, eine  $C_1-C_{20}$ -, vorzugsweise  $C_1-C_{10}$ -Alkylgruppe, eine  $C_1-C_{20}$ -Fluoralkylgruppe, vorzugsweise  $C_1-C_{10}$ -Fluoralkylgruppe, eine  $C_6-C_{30}$ -, vorzugsweise  $C_6-C_{20}$ -Arylgruppe, eine  $C_6-C_{30}$ -Fluorarylgruppe, vorzugsweise eine  $C_6-C_{20}$ -Fluorarylgruppe, eine  $C_1-C_{20}$ -, vorzugsweise  $C_1-C_{10}$ -Alkoxygruppe, eine  $C_2-C_{20}$ -, vorzugsweise  $C_2-C_{10}$ -Alkenylgruppe, eine  $C_7-C_{40}$ -, vorzugsweise  $C_7-C_{20}$ -Arylalkylgruppe, eine  $C_8-C_{40}$ -, vorzugsweise  $C_8-C_{22}$ -Arylalkenylgruppe oder eine  $C_7-C_{40}$ -, vorzugsweise  $C_7-C_{22}$ -Alkylarylgruppe, einen  $-NR_2^{10}$ ,  $-SR^{10}$ ,  $-OSiR_3^{10}$ ,  $-OR^{10}$ ,  $-SiR_3^{10}$  oder  $-PR_2^{10}$ -Rest, worin  $R^{10}$  ein Halogenatom, vorzugsweise Chloratom, oder eine  $C_1-C_{10}$ -, vorzugsweise  $C_1-C_3$ -Alkylgruppe oder  $C_6-C_{10}$ -, vorzugsweise  $C_6-C_8$ -Arylgruppe ist, wobei mindestens ein Rest  $R^4$  pro Indenylring von Wasserstoff verschieden ist, oder zwei oder mehr Reste  $R^4$  ein

10 Ringsystem mit den sie verbindenden Atomen bilden, welches ein- oder mehrkernig ist.

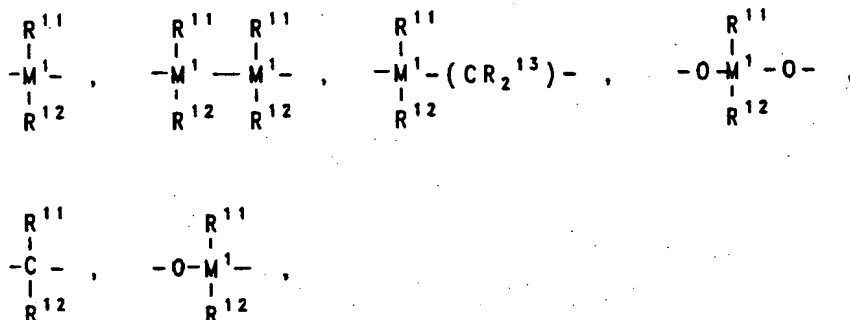
$R^5$  und  $R^6$  sind gleich oder verschieden und bedeuten, ein Halogenatom, bevorzugt ein Fluor-, Chlor- oder Bromatom, eine  $C_1-C_{10}$ -, vorzugsweise  $C_1-C_4$ -Alkylgruppe, die halogeniert sein kann, eine  $C_6-C_{10}$ -, vorzugsweise  $C_6-C_8$ -Arylgruppe, eine  $C_2-C_{10}$ -, vorzugsweise  $C_2-C_4$ -Alkenylgruppe, eine  $C_7-C_{40}$ -, vorzugsweise  $C_7-C_{10}$ -Arylalkylgruppe, eine  $C_7-C_{40}$ -, vorzugsweise  $C_7-C_{12}$ -Alkylarylgruppe, eine  $C_8-C_{40}$ -, vorzugsweise  $C_8-C_{12}$ -Arylalkenylgruppe, einen  $-NR_2^{10}$ ,  $-SR^{10}$ ,  $-OSiR_3^{10}$ ,  $-OR^{10}$ ,  $-SiR_3^{10}$  oder  $-PR_2^{10}$ -Rest, worin  $R^{10}$  ein Halogenatom, vorzugsweise Chloratom, oder eine  $C_1-C_{10}$ -, vorzugsweise  $C_1-C_3$ -Alkylgruppe oder  $C_6-C_{10}$ -, vorzugsweise  $C_6-C_8$ -Arylgruppe ist.

$R^7$  ist

20

25

30



35  $= BR^{11}$ ,  $= AIR^{11}$ ,  $-Ge-$ ,  $-Sn-$ ,  $-O-$ ,  $-S-$ ,  $=SO$ ,  $=SO_2$ ,  $=NR^{11}$ ,  $=CO$ ,  $=PR^{11}$  oder  $=P(O)R^{11}$ , wobei  $R^{11}$ ,  $R^{12}$  und  $R^{13}$  gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, ein Halogenatom, eine  $C_1-C_{20}$ -, vorzugsweise  $C_1-C_{10}$ -Alkylgruppe, eine  $C_1-C_{20}$ -Fluoralkylgruppe, vorzugsweise  $C_1-C_{10}$ -Fluoralkylgruppe, eine  $C_6-C_{30}$ -, vorzugsweise  $C_6-C_{20}$ -Arylgruppe, eine  $C_6-C_{30}$ -Fluorarylgruppe, vorzugsweise eine  $C_6-C_{20}$ -Fluorarylgruppe, eine  $C_1-C_{20}$ -, vorzugsweise  $C_1-C_{10}$ -Alkoxygruppe, eine  $C_2-C_{20}$ -, vorzugsweise  $C_2-C_{10}$ -Alkenylgruppe, eine  $C_7-C_{40}$ -, vorzugsweise  $C_7-C_{20}$ -Arylalkylgruppe, eine  $C_8-C_{40}$ -, vorzugsweise  $C_8-C_{22}$ -Arylalkenylgruppe oder eine  $C_7-C_{40}$ -, vorzugsweise  $C_7-C_{22}$ -Alkylarylgruppe bedeuten, oder  $R^{11}$  und  $R^{12}$  oder  $R^{11}$  und  $R^{13}$  bilden jeweils zusammen mit den sie verbindenden Atomen einen Ring.

$M^1$  ist Silizium, Germanium oder Zinn, bevorzugt Silizium und Germanium.

$R^7$  ist vorzugsweise  $= CR^{11}R^{12}$ ,  $= SiR^{11}R^{12}$ ,  $= GeR^{11}R^{12}$ ,  $-O-$ ,  $-S-$ ,  $=SO$ ,  $=PR^{11}$  oder  $=P(O)R^{11}$ .

45  $R^8$  und  $R^9$  sind gleich oder verschieden und sind ein Wasserstoffatom, ein Halogenatom, eine  $C_1-C_{20}$ -, vorzugsweise  $C_1-C_{10}$ -Alkylgruppe, eine  $C_1-C_{20}$ -Fluoralkylgruppe, vorzugsweise  $C_1-C_{10}$ -Fluoralkylgruppe, eine  $C_6-C_{30}$ -, vorzugsweise  $C_6-C_{20}$ -Arylgruppe, eine  $C_6-C_{30}$ -Fluorarylgruppe, vorzugsweise eine  $C_6-C_{20}$ -Fluorarylgruppe, eine  $C_1-C_{20}$ -, vorzugsweise  $C_1-C_{10}$ -Alkoxygruppe, eine  $C_2-C_{20}$ -, vorzugsweise  $C_2-C_{10}$ -Alkenylgruppe, eine  $C_7-C_{40}$ -, vorzugsweise  $C_7-C_{20}$ -Arylalkylgruppe, eine  $C_8-C_{40}$ -, vorzugsweise  $C_8-C_{22}$ -Arylalkenylgruppe oder eine  $C_7-C_{40}$ -, vorzugsweise  $C_7-C_{22}$ -Alkylarylgruppe bedeuten, oder  $R^8$  und  $R^9$  bilden jeweils zusammen mit den sie verbindenden Atomen einen Ring.

m und n sind gleich oder verschieden und bedeuten null, 1 oder 2, bevorzugt null oder 1, wobei m plus n null, 1 oder 2, bevorzugt null oder 1 ist.

55 Bevorzugt sind  $R^{14}$  und  $R^{15}$  Fluorenyl, Indenyl und Cyclopentadienyl, wobei diese Grundkörper noch zusätzliche Substituenten in der Bedeutung von  $R^4$  tragen können. Im Falle eines Indenylgrundkörpers darf der Sechsring jedoch keine Substituenten enthalten, die von Wasserstoff verschieden sind, falls der Fünfring in 2-Stellung (benachbart zur Brücke  $-(CR^8R^9)_m-R^7-(CR^8R^9)_n$ ) einen von Wasserstoff verschiedenen Rest  $R^5$  bzw.  $R^6$  trägt.

Somit sind die besonders bevorzugten Metallocene solche, bei denen in Formel I, R<sup>1</sup> und R<sup>2</sup> gleich oder verschieden sind und Methyl oder Chlor, R<sup>3</sup> Wasserstoff, und R<sup>7</sup> einen Rest

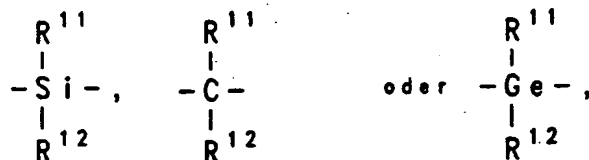


und n plus m null oder 1 bedeutet; insbesondere solche Verbindungen der Formel I, bei denen die Indenylreste in 2,4-, 2,5-, 2,4,6-, 2,4,5-, 2,4,5,6- und 2,5,6-Stellung substituiert sind, wie z.B.:

- 15 Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- Phenyl(Methyl)silandiylbis(2-methyl-4-phenyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-(1-naphthyl)-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-(2-naphthyl)-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-(1-naphthyl)-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- 20 Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,6-diisopropyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- Dimethylsilandiylbis(2,4,6-trimethyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- Phenyl(Methyl)silandiylbis(2-methyl-4,6-diisopropyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- Phenyl(Methyl)silandiylbis(2,4,6-trimethyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- 1,2-Ethandiylbis(2-methyl-4,6-diisopropyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- 25 1,2-Butandiylbis(2-methyl-4,6-diisopropyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-ethyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-isopropyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-t-butyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- Phenyl(Methyl)silandiylbis(2-methyl-4-isopropyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- 30 Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-methyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- Dimethylsilandiylbis(2,4-dimethyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-ethyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- Dimethylsilandiylbis(2-methyl-α-acenaphth-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- Phenyl(Methyl)silandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- 35 Phenyl(Methyl)silandiylbis(2-methyl-α-acenaphth-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- 1,2-Ethandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- 1,2-Butandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- 1,2-Butandiylbis(2-ethyl-4-phenyl-1-indenyl)-ZrCl<sub>2</sub>
- 40 Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-phenyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- Dimethylsilandiylbis(2-methyl-5-isobutyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- Phenyl(Methyl)silandiylbis(2-methyl-5-isobutyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- Dimethylsilandiylbis(2-methyl-5-t-butyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>
- Dimethylsilandiylbis(2,5,6-trimethyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>

45 und die in den Ausführungsbeispielen aufgeführten Verbindungen.

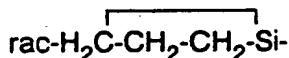
Die besonders bevorzugten Metallocene der Formel Ia sind solche bei denen R<sup>1</sup> und R<sup>2</sup> gleich oder verschieden sind und Methyl oder Chlor, R<sup>7</sup> einen Rest



$n + m$  null oder 1 und

$R^{14}$  und  $R^{15}$  gleich oder verschieden sind und Fluorenyl, Indenyl oder ein substituiertes Cyclopentadienyl bedeuten. Ganz besonders bevorzugte Verbindungen der Formel Ia sind die in den Ausführungsbeispielen aufgeführten Verbindungen.

- 5 Besondere Bedeutung besitzen somit  $\text{rac-Phenyl(methyl)silyl(indenyl)}_2$ -zirkondichlorid, Diphenylmethylen(9-fluorenyl)(cyclopentadienyl)zirkondichlorid, Phenyl(Methyl)methylen(9-fluorenyl)-(cyclopentadienyl)zirkondichlorid, Isopropyliden(9-fluorenyl)(cyclopentadienyl)zirkondichlorid,  $\text{rac-Dimethylsilyl(2,3,5-trimethyl-1-cyclopentadienyl)}_2$ -zirkondichlorid,  $\text{rac-Dimethylsilyl(indenyl)}_2$ -zirkondichlorid,  $\text{rac-Dimethylgermyl(indenyl)}_2$ -zirkondichlorid,  $\text{rac-Dimethylsilyl(indenyl)}_2$ -zirkondimethyl,  $\text{rac-Phenyl(vinyl)silyl-}$   
 10  $\text{(indenyl)}_2$ -zirkondichlorid,  $\text{rac-Phenyl(vinyl)silyl(indenyl)}_2$ -zirkondimethyl,



- 15  $\text{(indenyl)}_2$ -zirkondichlorid,  $\text{rac-Dimethylsilyl(2,4-dimethylcyclopentadienyl)}_2$ -zirkondichlorid,  $\text{rac-Diphenylsilyl(2,4-dimethyl-1-cyclopentadienyl)}_2$ -zirkondichlorid,  $\text{rac-Isopropyliden(indenyl)}_2$ -zirkondichlorid,  $\text{rac-Dimethylsilyl(2-methyl-4,5,6,7-tetrahydro-1-indenyl)}_2$ -zirkondichlorid,  $\text{rac-Ethylen(indenyl)}_2$ -zirkondichlorid,  $\text{rac-Methylen(3-t-butyl-1-cyclopentadienyl)}_2$ -zirkondichlorid,  $\text{rac-Dimethylsilyl(4,7-dimethyl-1-indenyl)}_2$ -zirkondichlorid,  $\text{rac-Dimethylsilyl(2-methyl-1-indenyl)}_2$ -zirkondichlorid,  $\text{rac-Phenyl(Methyl)silyl(2-methyl-1-indenyl)}_2$ -zirkondichlorid,  $\text{rac-Dimethylsilyl(2-ethyl-1-indenyl)}_2$ -zirkondichlorid,  $\text{rac-Dimethylsilyl(4,5-benzo-1-indenyl)}_2$ -zirkondichlorid und  $\text{rac-Dimethylsilyl(4-phenyl-1-indenyl)}_2$ -zirkondichlorid.

Metallocene mit  $C_s$ -Symmetrie (beispielsweise  $R^{11}R^{12}C(\text{Fluorenyl})(\text{Cyclopentadienyl})$ -zirkondimethyl) können zur Herstellung von syndiotaktischem Anteil im Polyolefin eingesetzt werden.

- 25 Der Begriff  $C_s$ -Symmetrie bedeutet für die Zwecke der vorliegenden Erfindung, daß die entsprechenden Metallocene senkrecht zur Ebene, die von Zr,  $R^1$  und  $R^2$  aufgespannt wird, eine Spiegelebene besitzen. Die Winkelhalbierende von  $\angle R^1\text{-Zr-}R^2$  verläuft in dieser Spiegelebene. Diese Symmetriebetrachtung beschränkt sich auf einen Teil des Zirconocenmoleküls, d.h. die Brücke  $-(\text{CR}^8\text{R}^9)_n\text{-R}^7\text{-(CR}^8\text{R}^9)_m\text{-}$  wird nicht berücksichtigt. Ferner ist der Begriff  $C_s$ -Symmetrie formal oder idealisiert zu verstehen. So bleiben z.B. Verschiebungen im genannten Molekülteil, die durch die Brücke hervorgerufen werden können und nur einer Struktur-  
 30 aufklärung zugänglich sind, für die Zwecke der vorliegenden Erfindung außer Betracht.

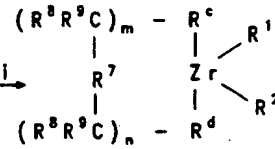
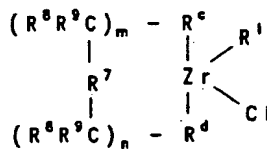
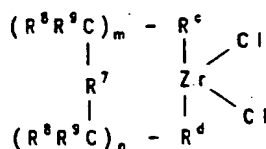
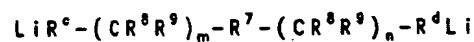
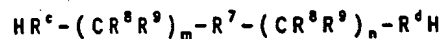
- Die chiralen Metallocene werden als Racemat zur Herstellung von hochisotaktischen Polyolefinen eingesetzt. Verwendet werden kann aber auch die reine R- oder S-Form. Mit diesen reinen stereoisomeren Formen ist ein optisch aktives Polymeres herstellbar. Abgetrennt werden sollte jedoch die meso-Form der  
 35 Metallocene, da das polymerisationsaktive Zentrum (das Metallatom) in diesen Verbindungen wegen Spiegelsymmetrie am Zentralmetall nicht mehr chiral ist und daher kein hochisotaktisches Polymeres erzeugen kann. Wird die meso-Form nicht abgetrennt, entsteht neben isotaktischen Polymeren auch ataktisches Polymer. Für bestimmte Anwendungen - weiche Formkörper beispielsweise - kann dies durchaus wünschenswert sein.

- 40 Die Trennung der Stereoisomeren ist im Prinzip bekannt.  
 Die Metallocene I und Ia können prinzipiell nach folgendem Reaktionsschema hergestellt werden:

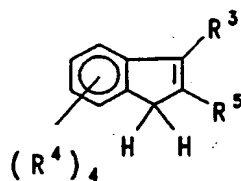
45

50

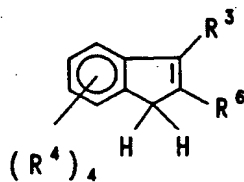
55



X = Cl, Br, I, O-Tosyl;  
H<sub>2</sub>R<sup>c</sup> =



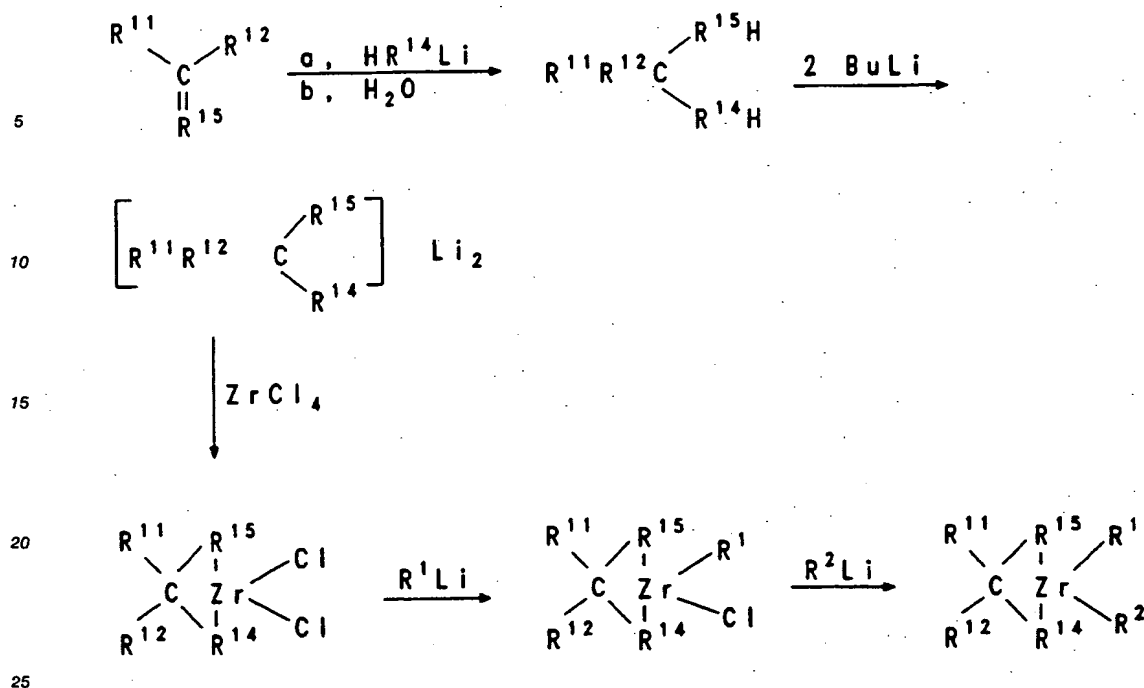
fuer I oder H<sub>2</sub>R<sup>14</sup> fuer la  
H<sub>2</sub>R<sup>c</sup> =



fuer I oder H<sub>2</sub>R<sup>15</sup> fuer la  
oder







(vgl. Journal of Organomet. chem. (1985) 63-67 und EP-A 320762).

Die Auswahl der Metallocene für die Polymerisation von Olefinen zu breit- oder mehrmodal verteiltem Polyolefin kann durch jeweils eine Testpolymerisation pro Metallocen erfolgen.

Dabei wird das Olefin zum Polyolefin polymerisiert und dessen mittleres Molekulargewicht  $M_w$  sowie dessen Molmassenverteilung  $M_w/M_n$  mittels Gelpermeationschromatographie bestimmt. Je nach gewünschter Molmassenverteilung werden dann die Metallocene kombiniert.

Unter Einbezug der Polymerisationsaktivitäten ist man mittels Computersimulation der kombinierten Gelpermeationskurven ohne weiteres in der Lage, über die Art der Metallocene und über das Mengenverhältnis der Metallocene untereinander, jede gewünschte Molmassenverteilung einzustellen.

Die Zahl der in dem erfindungsgemäßen Verfahren zu verwendenden Zirkonocene beträgt bevorzugt 2 oder 3, insbesondere 2. Es kann jedoch auch eine größere Anzahl verschiedener Zirkonocene (wie z.B. 4 oder 5) der Formeln I und Ia eingesetzt werden.

Unter Einbeziehung der Polymerisationsaktivitäten und Molmassen bei unterschiedlichen Polymerisationstemperaturen, in Gegenwart von Wasserstoff als Molmassenregler oder in Gegenwart von Comonomeren, kann das Rechensimulationsmodell noch weiter verfeinert und die Anwendbarkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens noch verbessert werden.

Als Cokatalysator wird ein Aluminoxan der Formel II und/oder III verwendet, wobei n eine ganze Zahl von 0 - 50, bevorzugt 10 - 35, bedeutet.

Bevorzugt sind die Reste R gleich und bedeuten Methyl, Isobutyl, Phenyl oder Benzyl, besonders bevorzugt Methyl.

Sind die Reste R unterschiedlich, so sind sie bevorzugt Methyl und Wasserstoff oder alternativ Methyl und Isobutyl, wobei Wasserstoff bzw. Isobutyl bevorzugt zu 0,01 - 40 % (Zahl der Reste R) enthalten sind. Statt des Aluminoxans kann bei der Polymerisation als Cokatalysator eine Mischung bestehend aus Aluminoxan und  $\text{AlR}_3$  verwendet werden, wobei R die oben angeführte Bedeutung hat, zusätzlich kann R in diesem Falle auch Ethyl sein.

Das Aluminoxan kann auf verschiedene Arten nach bekannten Verfahren hergestellt werden. Eine der Methoden ist beispielsweise, daß eine Aluminiumkohlenwasserstoffverbindung und/oder eine Hydridoaluminiumkohlenwasserstoffverbindung mit Wasser (gasförmig, fest, flüssig oder gebunden - beispielsweise als Kristallwasser) in einem inerten Lösungsmittel (wie z.B. Toluol) umgesetzt wird. Zur Herstellung eines Aluminoxans mit verschiedenen Alkylgruppen R werden entsprechend der gewünschten Zusammensetzung zwei verschiedene Aluminiumtrialkyle ( $\text{AlR}_3 + \text{AlR}'_3$ ) mit Wasser umgesetzt (vgl. S. Pasykiewicz, Polyhedron 9 (1990) 429 und EP-A 302 424).

Die genaue Struktur der Aluminoxane II und III ist nicht bekannt (A.R. Barron et al., J. Am. Chem. Soc. 115 (1993) 4971).

Unabhängig von der Art der Herstellung ist allen Aluminoxanlösungen ein wechselnder Gehalt an nicht umgesetzter Aluminiumausgangsverbindung, die in freier Form oder als Addukt vorliegt, gemeinsam.

Es ist möglich, die Metallocene vor dem Einsatz in der Polymerisationsreaktion jeweils getrennt oder zusammen als Mischung mit einem Aluminoxan der Formel (II) und/oder (III) vorzuaktivieren. Dadurch wird die Polymerisationsaktivität deutlich erhöht und die Kornmorphologie verbessert.

Die Voraktivierung der Metallocene wird in Lösung vorgenommen. Bevorzugt werden dabei die Metallocene als Feststoff in einer Lösung des Aluminoxans in einem inerten Kohlenwasserstoff aufgelöst. Als inerter Kohlenwasserstoff eignet sich ein aliphatischer oder aromatischer Kohlenwasserstoff. Bevorzugt wird Toluol oder ein C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Kohlenwasserstoff verwendet.

Die Konzentration des Aluminoxans in der Lösung liegt im Bereich von ca. 1 Gew.-% bis zur Sättigungsgrenze, vorzugsweise von 5 bis 30 Gew.-%, jeweils bezogen auf die Gesamtlösung. Die Metallocene können in der gleichen Konzentration eingesetzt werden; vorzugsweise werden sie jedoch in einer Menge von 10<sup>-4</sup> - 1 mol pro mol Aluminoxan eingesetzt. Die Voraktivierungszeit beträgt 1 Minute bis 60 Stunden, vorzugsweise 2 bis 60 Minuten. Man arbeitet bei einer Temperatur von -78°C bis 100°C, vorzugsweise 0 bis 70°C.

Die Metallocene können auch vorpolymerisiert oder auf einen Träger aufgebracht werden. Zur Vorpolymerisation wird bevorzugt das (oder eines der) in der Polymerisation eingesetzte(n) Olefin(e) verwendet.

Geeignete Träger sind beispielsweise Silikagele, Aluminiumoxide, festes Aluminoxan, Kombinationen von Aluminoxan auf einem Träger wie beispielsweise Silikagel, oder andere anorganische Trägermaterialien. Ein geeignetes Trägermaterial ist auch ein Polyolefinpulver in feinverteilter Form.

Eine weitere mögliche Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß man an Stelle oder neben eines Aluminoxans eine salzartige Verbindung der Formel R<sub>x</sub>NH<sub>4-x</sub>BR'<sub>4</sub> oder der Formel R<sub>3</sub>PHBR'<sub>4</sub> als Cokatalysator verwendet. Dabei sind x = 1, 2 oder 3, R = Alkyl oder Aryl, gleich oder verschieden, und R' = Aryl, das auch fluoriert oder teilfluoriert sein kann. In diesem Fall besteht der Katalysator aus dem Reaktionsprodukt der Metallocene mit einer der genannten Verbindungen (vgl. EP-A 277 004).

Zur Entfernung von im Olefin vorhandener Katalysatorgifte ist eine Reinigung mit einem Aluminiumalkyl, beispielsweise AlMe<sub>3</sub> oder AlEt<sub>3</sub>, vorteilhaft. Diese Reinigung kann sowohl im Polymerisationssystem selbst erfolgen, oder das Olefin wird vor der Zugabe in das Polymerisationssystem mit der Al-Verbindung in Kontakt gebracht und anschließend wieder abgetrennt.

Die Polymerisation oder Copolymerisation wird in bekannter Weise in Lösung, in Suspension oder in der Gasphase, kontinuierlich oder diskontinuierlich, ein- oder mehrstufig bei einer Temperatur von 50 bis 200°C, vorzugsweise 50 bis 100°C, durchgeführt. Polymerisiert oder copolymerisiert werden Olefine der Formel R<sup>a</sup>-CH = CH-R<sup>b</sup>. In dieser Formel sind R<sup>a</sup> und R<sup>b</sup> gleich oder verschieden und bedeuten ein Wasserstoffatom oder einen Alkylrest mit 1 bis 14 C-Atomen. R<sup>a</sup> und R<sup>b</sup> können jedoch auch mit den sie verbindenden C-Atomen einen Ring bilden. Beispiele für solche Olefine sind Ethylen, Propylen, 1-Buten, 1-Hexen, 4-Methyl-1-penten, 1-Octen, Norbornen oder Norbornadien. Insbesondere werden Propylen und Ethylen polymerisiert.

Als Molmassenregler wird, falls erforderlich, Wasserstoff zugegeben. Unterschiedliche Wasserstoffansprechbarkeit der Metallocene, sowie die Möglichkeit, die Wasserstoffmenge während der Polymerisation zu verändern kann zu einer weiteren gewünschten Verbreiterung der Molmassenverteilung führen.

Der Gesamtdruck im Polymerisationssystem beträgt 0,5 bis 100 bar. Bevorzugt ist die Polymerisation in dem technisch besonders interessanten Druckbereich von 5 bis 64 bar.

Dabei werden die Metallocene in einer Konzentration, bezogen auf das Übergangsmetall, von 10<sup>-3</sup> bis 10<sup>-8</sup> vorzugsweise 10<sup>-4</sup> bis 10<sup>-7</sup> mol Übergangsmetall pro dm<sup>3</sup> Lösemittel bzw. pro dm<sup>3</sup> Reaktorvolumen angewendet. Das Aluminiumoxan oder die Mischung Aluminoxan/AIR<sub>3</sub> wird in einer Konzentration von 10<sup>-5</sup> bis 10<sup>-1</sup> mol, vorzugsweise 10<sup>-4</sup> bis 10<sup>-2</sup> mol pro dm<sup>3</sup> Lösemittel bzw. pro dm<sup>3</sup> Reaktorvolumen verwendet. Prinzipiell sind aber auch höhere Konzentrationen möglich.

Wenn die Polymerisation als Suspensions- oder Lösungspolymerisation durchgeführt wird, wird ein für das Ziegler-Niederdruckverfahren gebräuchliches inertes Lösemittel verwendet. Beispielsweise arbeitet man in einem aliphatischen oder cycloaliphatischen Kohlenwasserstoff, als solcher sei beispielsweise Butan, Pentan, Hexan, Heptan, Decan, Isooctan, Cyclohexan, Methylcyclohexan, genannt.

Weiterhin kann eine Benzin- bzw. hydrierte Dieselölfraction benutzt werden. Brauchbar ist auch Toluol. Bevorzugt wird im flüssigen Monomeren polymerisiert.

Werden inerte Lösemittel verwendet, werden die Monomeren gasförmig oder flüssig zudosiert.

Die Dauer der Polymerisation ist beliebig, da das erfindungsgemäß zu verwendende Katalysatorsystem einen nur geringen zeitabhängigen Abfall der Polymerisationsaktivität zeigt.

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, daß die beschriebenen Metallocene im technisch interessanten Temperaturbereich zwischen 50 und 100 °C mit sehr hoher Polymerisationsaktivität Polymere mit breiter, bimodaler oder multimodaler Molmassenverteilung, sehr hoher Molmasse, hoher Stereospezifität und guter Kornmorphologie erzeugen. Die Metallocenaktivität liegt bei 50 - 60 °C Polymerisationstemperatur > 140 kg Polymer/g Kat x h, bevorzugt > 160 kg Polymer/g Kat x h. Bei Polymerisationstemperaturen > 60 °C liegt die Metallocenaktivität über 350, bevorzugt über 400 kg Polymer/g Kat x h. Die erfindungsgemäßen Polymere weisen bei Polymerisationstemperaturen von 50-60 °C eine VZ > 260, bevorzugt > 360 cm<sup>3</sup>/g, bei Polymerisationstemperaturen > 60 °C liegt die VZ über 200, bevorzugt über 260 cm<sup>3</sup>/g. Dementsprechend ist die Molmasse  $M_w$  bei Polymerisationstemperaturen über 60 °C größer als 200.000 g/mol.  $M_w/M_n$  ist  $\geq 3.0$ , bevorzugt  $\geq 4.0$   $M_w/M_n$  ist bevorzugt < 50, besonders bevorzugt < 30.

Die erfindungsgemäßen Polymere eignen sich besonders gut für die Produktion von gepreßten Platten oder extrudierten Platten und Rohren sowie für das Hohl- und Großhohlkörperblasformen. Bevorzugte Einsatzgebiete für solche Polymere mit geringer Fließfähigkeit sind beispielsweise blasgeformte Koffer mit Filmscharnieren, Konturverpackungen, Stanzplatten, Heißwasserbehälter, Abwasser- und Heißwasserrohre, Druckrohre, Filterplatten, Wärmetauscher, Vollstäbe oder Kfz-Teile wie Bremsflüssigkeits- und Kühlwasserbehälter. Im Bereich der Folienanwendungen werden solche Formmassen für reißfeste BOPP-Folien verwendet.

Die nachfolgenden Beispiele sollen die Erfindung näher erläutern.  
Es bedeuten

|             |                                       |   |
|-------------|---------------------------------------|---|
| VZ =        | Viskositätszahl in cm <sup>3</sup> /g |   |
| $M_w$ =     | Molmassengewichtsmittel in g/mol      | ermittelt durch                                   |
| $M_w/M_n$ = | Molmassendispersität                  | Gelpermeationschromatographie                     |
| II =        | Isotaktischer Index (mm + 1/2 mr)     | ermittelt durch <sup>13</sup> C-NMR-Spektroskopie |

#### Beispiele 1-12

Ein trockener 24 dm<sup>3</sup>-Reaktor wurde mit Propylen gespült und mit 12 dm<sup>3</sup> flüssigen Propylen befüllt. Dann wurden 26 cm<sup>3</sup> toluolische Methylaluminioxanlösung (entsprechend 35 mmol Al, mittlerer Oligomerisierungsgrad war  $n = 22$ ) zugegeben, und der Ansatz wurde 10 Minuten bei 30 °C gerührt.

Parallel dazu wurden die für die Polymerisation vorgesehenen Metallocene gemischt (Mengen und Metallocenverbindungen siehe Tabelle 1) und in 10 cm<sup>3</sup> toluolischer Methylaluminioxanlösung (13 mmol Al) aufgelöst und nach 2 Minuten in den Reaktor gegeben.

Bei der in Tabelle 1 angegebenen Polymerisationstemperatur wurde 1 h polymerisiert und dann mit 12 Ndm<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> Gas die Polymerisationsreaktion gestoppt. Das Polymer wurde 24 h bei 80 °C im Vakuum getrocknet.

Die Ergebnisse der Polymerisationen sind der Tabelle 1 zu entnehmen, wobei Me = Methyl bedeutet.

Tabelle 1

| Metalloce nmischung   | Polym.<br>temp. (°C) | Ausbeute<br>(kg) | Aktivität<br>[kgPP/gKatxh] | VZ<br>(cm <sup>3</sup> /g) | M <sub>w</sub><br>(g/mol) | M <sub>w</sub> /M <sub>n</sub> | II<br>(%) | Bsp. |
|---|----------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------|------|
| 1,5 mg rac-Me <sub>2</sub> Si(2-methyl-4-phenyl-1-indenyl) <sub>2</sub> ZrCl <sub>2</sub><br>3,0 mg rac-Me <sub>2</sub> Si(indenyl) <sub>2</sub> -ZrCl <sub>2</sub>         | 50                   | 1.95             | 433.0                      | 568                        | 704000                    | 15.7<br>bimodal                | 98.9      | 1    |
| 1,1 mg rac-Me <sub>2</sub> Si(2-methyl-4-(1-naphthyl)-1-indenyl) <sub>2</sub> ZrCl <sub>2</sub><br>11,5 mg Ph <sub>2</sub> C(fluorenyl)-(cyclopentadienyl)ZrCl <sub>2</sub> | 60                   | 1.80             | 142.8                      | 560                        | 764000                    | 6.9                            | -         | 2    |
| 0,5 mg rac-Me <sub>2</sub> Si(2-methyl-4-(1-naphthyl)-1-indenyl) <sub>2</sub> ZrCl <sub>2</sub><br>5,0 mg Me <sub>2</sub> C(fluorenyl)(cyclopentadienyl)ZrCl <sub>2</sub>   | 70                   | 1.96             | 356.4                      | 315                        | 435000                    | 4.5                            | -         | 3    |

| Metalloccenmischung   | Polym.<br>temp. (°C) | Ausbeute<br>(kg) | Aktivität<br>[kgPP/gKatzh] | VZ<br>(cm <sup>3</sup> /g) | M <sub>w</sub><br>(g/mol) | M <sub>w</sub> /M <sub>n</sub> | II<br>(%) | Bsp. |
|---|----------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------|------|
| 5.0 mg rac-Me <sub>2</sub> Si(2-methyl-4,6-diisopropyl-1-indenyl) <sub>2</sub> -ZrCl <sub>2</sub><br>5.0 mg rac-Me <sub>2</sub> Ge(indenyl) <sub>2</sub> -ZrCl <sub>2</sub>                       | 50                   | 1.98             | 198.5                      | 265                        | 332000                    | 8.4                            | 97.3      | 4    |
| 4.3 mg rac-Ph(Me)Si(2,4,6-trimethyl-1-indenyl) <sub>2</sub> ZrCl <sub>2</sub><br>4.7 mg rac-Me <sub>2</sub> C(indenyl) <sub>2</sub> -ZrCl <sub>2</sub>  | 50                   | 1.44             | 160.0                      | 260                        | 265500                    | 14.5<br>bimodal                | 89.5      | 5    |
| 1.7 mg rac-Me <sub>2</sub> Si(2-methyl-4-isopropyl-1-indenyl) <sub>2</sub> ZrCl <sub>2</sub><br>8.8 mg rac-Me <sub>2</sub> Si(2,3,5-trimethyl-1-cyclopentadienyl) <sub>2</sub> -ZrCl <sub>2</sub> | 50                   | 1.78             | 169.5                      | 265                        | 305000                    | 9.4<br>bimodal                 | 98.4      | 6    |

| Metalloccenmischung   | Polym.<br>temp. (°C) | Ausbeute<br>(kg) | Aktivität<br>[kgPP/gKatxh] | VZ<br>(cm <sup>3</sup> /g) | M <sub>w</sub><br>(g/mol) | M <sub>w</sub> /M <sub>n</sub> | II<br>(%) | Bsp. |
|---|----------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------|------|
| 1.8 mg rac-Me <sub>2</sub> Si(2-methyl-4,5-benzo-1-indenyl) <sub>2</sub> ZrCl <sub>2</sub><br>9.5 mg rac-Me <sub>2</sub> Si(2-methyl-4,5,6,7-tetrahydro-1-indenyl) <sub>2</sub> ZrCl <sub>2</sub> | 70                   | 2.35             | 208.0                      | 205                        | 288000                    | 10.5<br>bimodal                | 96.7      | 7    |
| 1.0 mg rac-Ph(Me)Si(2-methyl-σ-acenaphth-1-indenyl) <sub>2</sub> ZrMe <sub>2</sub><br>4.0 mg rac-Ph(vinyl)Si(indenyl) <sub>2</sub> ZrMe <sub>2</sub>  | 70                   | 1.92             | 384.0                      | 207                        | 205500                    | 8.4<br>bimodal                 | 97.3      | 8    |
| 2.5 mg rac-Me <sub>2</sub> Si(2,5,6-trimethyl-1-indenyl) <sub>2</sub> ZrCl <sub>2</sub><br>1.5 mg rac-Ph <sub>2</sub> Si(2,4-dimethyl-1-cyclopentadienyl) <sub>2</sub> ZrCl <sub>2</sub>          | 55                   | 1.02             | 255.0                      | 276                        | 289500                    | 6.4                            | 96.4      | 9    |

| Metalloccenmischung  | Polym.<br>temp. (°C) | Ausbeute<br>(kg) | Aktivität<br>[kgPP/gKath] | VZ<br>(cm <sup>3</sup> /g) | M <sub>w</sub><br>(g/mol) | M <sub>w</sub> /M <sub>n</sub> | II<br>(%) | Bsp. |
|--|----------------------|------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------|------|
| 2,5 mg rac-Me <sub>2</sub> Si(2-methyl-4,5-benzo-1-indenyl) <sub>2</sub> ZrCl <sub>2</sub><br>1,5 mg rac-Me <sub>2</sub> Si(4,5-benzo-1-indenyl) <sub>2</sub> ZrCl <sub>2</sub>            | 70                   | 1.95             | 488.0                     | 203                        | 265000                    | 10.5<br>bimodal                | 97.9      | 10   |
| 0.7 mg rac-Me <sub>2</sub> Si(2-methyl-4-phenyl-1-indenyl) <sub>2</sub> ZrCl <sub>2</sub><br>4.0 mg rac-Me <sub>2</sub> Si(4-phenyl-1-indenyl) <sub>2</sub> ZrCl <sub>2</sub>              | 70                   | 1.70             | 362.0                     | 298                        | 403500                    | 17.4<br>bimodal                | 98.0      | 11   |
| 0.5 mg rac-Me <sub>2</sub> Si(2-methyl-4-(1-naphthyl)-1-indenyl) <sub>2</sub> ZrCl <sub>2</sub><br>5.0 mg rac-Me <sub>2</sub> Si(2,4,6-trimethyl-1-indenyl) <sub>2</sub> ZrCl <sub>2</sub> | 70                   | 2.07             | 376.5                     | 345                        | 496000                    | 8.5                            | 96.8      | 12   |

| Metalloccnmischung  | Polym.<br>temp. (°C) | Ausbeute<br>(kg) | Aktivität<br>[kgPP/gKatxh] | VZ<br>(cm <sup>3</sup> /g) | M <sub>w</sub><br>(g/mol) | M <sub>w</sub> /M <sub>n</sub> | II<br>(%) | Bsp. |
|---|----------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------|------|
| 0,5 mg rac-Me <sub>2</sub> Si(2-methyl-4-phenyl-1-indenyl) <sub>2</sub> ZrCl <sub>2</sub><br>4,4 mg rac-Me <sub>2</sub> Si(2,4,6-trimethyl-1-indenyl) <sub>2</sub> ZrCl <sub>2</sub><br>0,8 mg rac-Ethyliden(indenyl) <sub>2</sub> -ZrCl <sub>2</sub> | 70                   | 2.33             | 408.8                      | 261                        | 349500                    | 14.0<br>multi-modal            | 95.0      | 13   |

## Beispiel 14

Beispiel 1 wurde wiederholt, vor Zugabe des Propylens wurden jedoch 3 Ndm<sup>3</sup> Wasserstoffgas in den Reaktor gegeben.



Es wurden 2.85 kg Polymer erhalten, die Metallocenaktivität war somit 633.3 kg PP/g Kat x h.  
 VZ = 319 cm<sup>3</sup>/g; M<sub>w</sub> = 369000 g/mol, M<sub>w</sub>/M<sub>n</sub> = 12.0.  
 Die Verteilung war bimodal, II = 99.1 %.

5 Beispiel 15

Beispiel 1 wurde wiederholt, zusätzlich wurden jedoch während der Polymerisation kontinuierlich 100 g Ethylen zudosiert.

Es wurden 2.24 kg Copolymer erhalten, die Metallocenaktivität war 497.8 kg

10 Copolymer/g Kat x h.

VZ = 269 cm<sup>3</sup>/g; M<sub>w</sub> = 305000 g/mol, M<sub>w</sub>/M<sub>n</sub> = 9.2.

IR-Spektroskopisch wurden 4.2 Gew.-% Ethylen im Polymer nachgewiesen.

Beispiel 16

15

Beispiel 15 wurde wiederholt, 250 g Ethylen wurden jedoch erst nach 30 Minuten in einer Portion zugegeben.

Es wurden 2.05 kg Blockcopolymer erhalten, die Metallocenaktivität war 455.6 kg

Copolymer/g Kat x h.

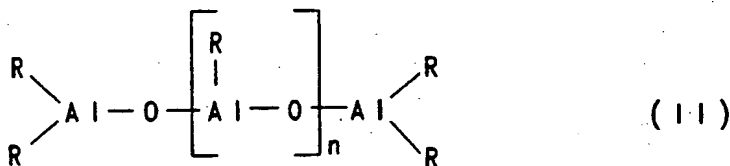
20 VZ = 279 cm<sup>3</sup>/g; M<sub>w</sub> = 268000 g/mol, M<sub>w</sub>/M<sub>n</sub> = 7.2.

Ethylengehalt lt. IR-Spektroskopie: 12.1 Gew.-%.

Patentansprüche

- 25 1. Verfahren zur Herstellung eines Polyolefins mit einer Molmassenverteilung M<sub>w</sub>/M<sub>n</sub> ≥ 3,0, die monomodal, bimodal oder multimodal sein kann, durch Polymerisation oder Copolymerisation eines Olefins der Formel R<sup>a</sup>CH=CHR<sup>b</sup>, worin R<sup>a</sup> und R<sup>b</sup> gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom oder einen Alkylrest mit 1 bis 14 C-Atomen bedeuten, oder R<sup>a</sup> und R<sup>b</sup> mit den sie verbindenden Atomen ein Ringsystem bilden können, bei einer Temperatur von 50 bis 200 °C, bei einem Druck von 0,5 bis 100
- 30 bar, in Lösung, in Suspension oder in der Gasphase, in Gegenwart eines Katalysators, welcher aus einer Übergangsmetallkomponente (Metallocen) und einem Aluminoxan der Formel II

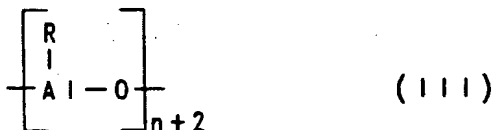
35



40

für den linearen Typ und/oder der Formel III

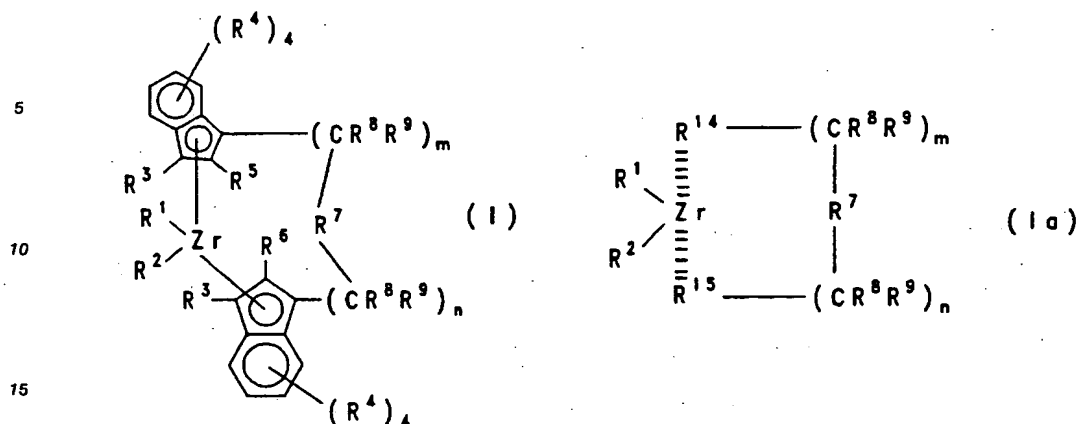
45



50

für den cyclischen Typ, wobei in den Formeln II und III die Reste R gleich oder verschieden sein können und eine C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>-Alkylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>-Fluoralkylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>18</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>-Fluorarylgruppe oder Wasserstoff bedeuten und n eine ganze Zahl von 0 bis 50 ist, oder anstelle des Aluminoxans aus einer Mischung eines Aluminoxans der Formel II und/oder der Formel III mit einer Verbindung AlR<sub>3</sub> besteht, dadurch gekennzeichnet, daß als Übergangsmetallkomponente mindestens ein Zirkonocen der Formel I und mindestens ein Zirkonocen der Formel Ia oder alternativ mindestens 2 Zirkonocene der Formel I verwendet werden,

55



, worin

R<sup>1</sup> und R<sup>2</sup>

gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkoxygruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Aryloxygruppe, eine C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-Alkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkylarylgruppe, eine C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenylgruppe oder ein Halogenatom bedeuten,

R<sup>3</sup>

Wasserstoff, ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylgruppe, die halogeniert sein kann, eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-Alkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkyloxygruppe, eine C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenylgruppe, einen -NR<sub>2</sub><sup>10</sup>, -OR<sup>10</sup>, -SR<sup>10</sup>, -OSiR<sub>3</sub><sup>10</sup>, -SiR<sub>3</sub><sup>10</sup> oder -PR<sub>2</sub><sup>10</sup>-Rest bedeuten, worin R<sup>10</sup> ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylgruppe oder eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylgruppe ist,

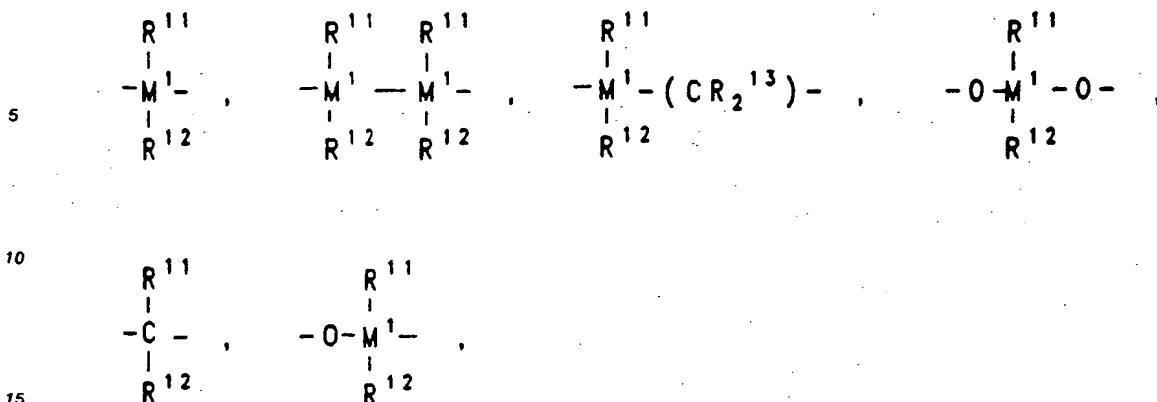
R<sup>4</sup>

gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Alkylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Fluoralkylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>-Fluorarylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Alkoxygruppe, eine C<sub>2</sub>-C<sub>20</sub>-Alkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkylgruppe, eine C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkylarylgruppe, einen -NR<sub>2</sub><sup>10</sup>, -OR<sup>10</sup>, -SR<sup>10</sup>, -OSiR<sub>3</sub><sup>10</sup>, -SiR<sub>3</sub><sup>10</sup> oder -PR<sub>2</sub><sup>10</sup>-Rest bedeuten, worin R<sup>10</sup> ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylgruppe oder eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylgruppe ist, wobei mindestens ein Rest R<sup>4</sup> pro Indenylring von Wasserstoff verschieden ist, oder zwei oder mehr Reste R<sup>4</sup> ein Ringsystem mit den sie verbindenden Atomen bilden,

R<sup>5</sup> und R<sup>6</sup>

gleich oder verschieden sind und ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylgruppe, die halogeniert sein kann, eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-Alkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkyloxygruppe, eine C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenylgruppe, einen -NR<sub>2</sub><sup>10</sup>, -OR<sup>10</sup>, -SR<sup>10</sup>, -OSiR<sub>3</sub><sup>10</sup>, -SiR<sub>3</sub><sup>10</sup> oder -PR<sub>2</sub><sup>10</sup>-Rest bedeuten, worin R<sup>10</sup> ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylgruppe oder eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylgruppe ist,

R<sup>7</sup>



= BR<sup>11</sup>, = AIR<sup>11</sup>, -Ge-, -Sn-, O-, -S-, =SO, =SO<sub>2</sub>, =NR<sup>11</sup>, =CO, =PR<sup>11</sup> oder =P(O)R<sup>11</sup> ist,

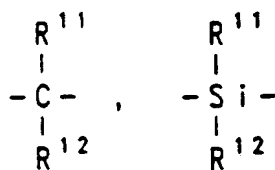
wobei R<sup>11</sup>, R<sup>12</sup> und R<sup>13</sup> gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Alkylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Fluoralkylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>-Fluorarylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Alkoxygruppe, eine C<sub>2</sub>-C<sub>20</sub>-Alkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkylgruppe, eine C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkylarylgruppe bedeuten oder R<sup>11</sup> und R<sup>12</sup> oder R<sup>11</sup> und R<sup>13</sup> jeweils mit den sie verbindenden Atomen einen Ring bilden,

M<sup>1</sup> Silizium, Germanium oder Zinn ist,

R<sup>8</sup> und R<sup>9</sup> gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Alkylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Fluoralkylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>-Fluorarylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Alkoxygruppe, eine C<sub>2</sub>-C<sub>20</sub>-Alkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkylgruppe, eine C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkylarylgruppe bedeuten oder R<sup>8</sup> und R<sup>9</sup> jeweils mit den sie verbindenden Atomen einen Ring bilden,

R<sup>14</sup> und R<sup>15</sup> gleich oder verschieden sind und einen ein- oder mehrkernigen Kohlenwasserstoffrest, welcher mit dem Zirkonatom eine Sandwichstruktur bilden kann, bedeuten und m und n gleich oder verschieden sind und null, 1 oder 2 sind, wobei m plus n null, 1 oder 2 ist.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in der Formel I R<sup>1</sup> und R<sup>2</sup> gleich oder verschieden sind und Methyl oder Chlor, R<sup>3</sup> Wasserstoff, R<sup>7</sup> einen Rest

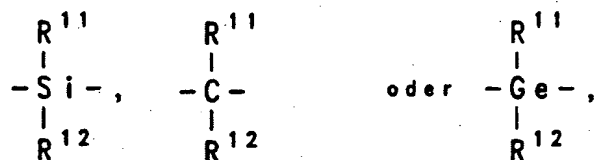


bedeuten und n plus m null oder 1 sind und in Formel Ia R<sup>14</sup> und R<sup>15</sup> gleich oder verschieden sind und Fluorenyl, Indenyl oder Cyclopentadienyl sind, die auch substituiert sein können.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Verbindung der Formel I,  
 Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 Phenyl(Methyl)silandiylbis(2-methyl-4-phenyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-(1-naphthyl)-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-(2-naphthyl)-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-(1-naphthyl)-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,6-diisopropyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 Dimethylsilandiylbis(2,4,6-trimethyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>.

Phenyl(Methyl)silandiylbis(2-methyl-4,6-diisopropyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 Phenyl(Methyl)silandiylbis(2,4,6-trimethyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 1,2-Ethandiylbis(2-methyl-4,6-diisopropyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 1,2-Butandiylbis(2-methyl-4,6-diisopropyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 5 Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-ethyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-isopropyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-t-butyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 Phenyl(Methyl)silandiylbis(2-methyl-4-isopropyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-methyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 10 Dimethylsilandiylbis(2,4-dimethyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-ethyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 Dimethylsilandiylbis(2-methyl-α-acenaphth-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 Phenyl(Methyl)silandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 Phenyl(Methyl)silandiylbis(2-methyl-α-acenaphth-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 15 1,2-Ethandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 1,2-Butandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 1,2-Butandiylbis(2-ethyl-4-phenyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-phenyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 20 Dimethylsilandiylbis(2-methyl-5-isobutyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 Phenyl(Methyl)silandiylbis(2-methyl-5-isobutyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 Dimethylsilandiylbis(2-methyl-5-t-butyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub>,  
 Dimethylsilandiylbis(2,5,6-trimethyl-1-indenyl)ZrCl<sub>2</sub> oder  
 die in den Ausführungsbeispielen aufgeführten Verbindungen eingesetzt werden.

4. Verfahren gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß in Formel Ia R<sup>1</sup> und R<sup>2</sup> gleich oder verschieden sind und Methyl oder Chlor, R<sup>7</sup> einen Rest

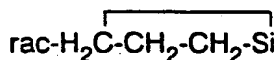


bedeutet und

R<sup>14</sup> und R<sup>15</sup> gleich oder verschieden sind und Fluorenyl, Indenyl oder ein substituiertes Cyclopentadienyl bedeuten.

5. Verfahren gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Verbindung der Formel Ia

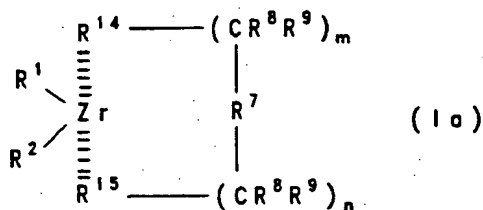
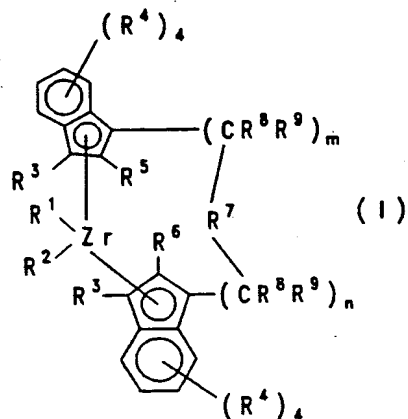
rac-Phenyl(methyl)silyl(indenyl)<sub>2</sub> zirkondichlorid, Diphenylmethylen(9-fluorenyl)(cyclopentadienyl)-  
 zirkondichlorid, Phenyl(Methyl)methylen(9-fluorenyl)cyclopentadienyl)zirkondichlorid, Isopropyliden(9-  
 fluorenyl)(cyclopentadienyl)zirkondichlorid, rac-Dimethylsilyl(2,3,5-trimethyl-1-cyclopentadienyl)-  
 45 zirkondichlorid, rac-Dimethylsilyl(indenyl)<sub>2</sub> zirkondichlorid, rac-Dimethylgermyl(indenyl)<sub>2</sub> zirkondichlorid,  
 rac-Dimethylsilyl(indenyl)<sub>2</sub> zirkondimethyl, rac-Phenyl(vinyl)silyl(indenyl)<sub>2</sub> zirkondichlorid,



(indenyl)<sub>2</sub>-zirkondichlorid, rac-Dimethylsilyl(2,4-dimethylcyclopentadienyl)<sub>2</sub> zirkondichlorid, rac-  
 Isopropyliden(indenyl)<sub>2</sub> zirkondichlorid, rac-Dimethylsilyl(2-methyl-4,5,6,7-tetrahydro-1-indenyl)-  
 55 zirkondichlorid, rac-Ethylen(indenyl)<sub>2</sub> zirkondichlorid, rac-Methylen(3-t-butyl-1-cyclopentadienyl)-  
 zirkondichlorid, rac-Dimethylsilyl(4,7-dimethyl-1-indenyl)<sub>2</sub> zirkondichlorid, rac-Dimethylsilyl(2-methyl-1-  
 indenyl)<sub>2</sub> zirkondichlorid, rac-Phenyl(Methyl)silyl(2-methyl-1-indenyl)zirkondichlorid, rac-Dimethylsilyl(2-  
 ethyl-1-indenyl)<sub>2</sub> zirkondichlorid, rac-Dimethylsilyl(4,5-benzo-1-indenyl)<sub>2</sub> zirkondichlorid und rac-

Dimethylsilyl(4-phenyl-1-indenyl)<sub>2</sub>zirkondichlorid verwendet wird.

6. Verfahren gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß Propylen polymerisiert wird, oder Propylen und Ethylen copolymerisiert werden.
7. Metallocengemisch, dadurch gekennzeichnet, daß es mindestens ein Zirkonocen der Formel I und mindestens ein Zirkonocen der Formel Ia oder alternativ mindestens 2 Zirkonocene der Formel I enthält



, worin

R<sup>1</sup> und R<sup>2</sup>

gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkoxygruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Aryloxygruppe, eine C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-Alkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkylarylgruppe, eine C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenylgruppe oder ein Halogenatom bedeuten,

R<sup>3</sup>

Wasserstoff, ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylgruppe, die halogeniert sein kann, eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-Alkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkyloxygruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenylgruppe, einen -NR<sup>10</sup>, -OR<sup>10</sup>, -SR<sup>10</sup>, -OSiR<sub>3</sub><sup>10</sup>, -SiR<sub>3</sub><sup>10</sup> oder -PR<sub>2</sub><sup>10</sup>-Rest bedeuten, worin R<sup>10</sup> ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylgruppe oder eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylgruppe ist,

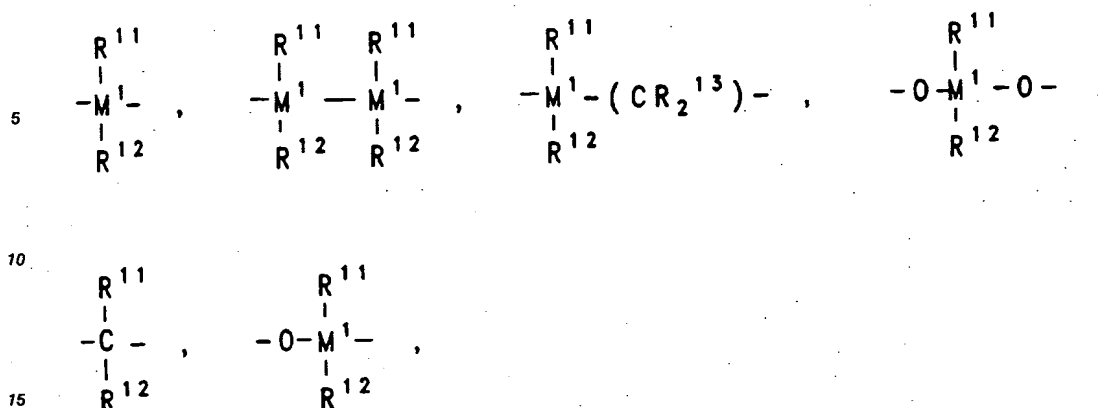
R<sup>4</sup>

gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Alkylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Fluoralkylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>-Fluorarylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Alkoxygruppe, eine C<sub>2</sub>-C<sub>20</sub>-Alkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkylgruppe, eine C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkylarylgruppe, einen -NR<sub>2</sub><sup>10</sup>, -OR<sup>10</sup>, -SR<sup>10</sup>, -OSiR<sub>3</sub><sup>10</sup>, -SiR<sub>3</sub><sup>10</sup> oder -PR<sub>2</sub><sup>10</sup>-Rest bedeuten, worin R<sup>10</sup> ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylgruppe oder eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylgruppe ist, wobei mindestens ein Rest R<sup>4</sup> pro Indenylring von Wasserstoff verschieden ist, oder zwei oder mehr Reste R<sup>4</sup> ein Ringsystem mit den sie verbindenden Atomen bilden,

R<sup>5</sup> und R<sup>6</sup>

gleich oder verschieden sind und ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylgruppe, die halogeniert sein kann, eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-Alkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkyloxygruppe, eine C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenylgruppe, einen -NR<sub>2</sub><sup>10</sup>, -OR<sup>10</sup>, -SR<sup>10</sup>, -OSiR<sub>3</sub><sup>10</sup>, -SiR<sub>3</sub><sup>10</sup> oder -PR<sub>2</sub><sup>10</sup>-Rest bedeuten, worin R<sup>10</sup> ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylgruppe oder eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylgruppe ist,

R<sup>7</sup>



$=BR^{11}$ ,  $=AIR^{11}$ ,  $-\text{Ge}-$ ,  $-\text{Sn}-$ ,  $-\text{O}-$ ,  $-\text{S}-$ ,  $=\text{SO}$ ,  $=\text{SO}_2$ ,  $=\text{NR}^{11}$ ,  $=\text{CO}$ ,  $=\text{PR}^{11}$  oder  $=\text{P(O)}R^{11}$  ist,

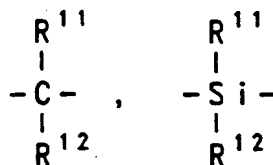
wobei  $R^{11}$ ,  $R^{12}$  und  $R^{13}$  gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, ein Halogenatom, eine  $\text{C}_1\text{-C}_{20}$ -Alkylgruppe,  $\text{C}_1\text{-C}_{20}$ -Fluoralkylgruppe, eine  $\text{C}_6\text{-C}_{30}$ -Arylgruppe, eine  $\text{C}_6\text{-C}_{30}$ -Fluorarylgruppe, eine  $\text{C}_1\text{-C}_{20}$ -Alkoxygruppe, eine  $\text{C}_2\text{-C}_{20}$ -Alkenylgruppe, eine  $\text{C}_7\text{-C}_{40}$ -Arylalkylgruppe, eine  $\text{C}_8\text{-C}_{40}$ -Arylalkenylgruppe, eine  $\text{C}_7\text{-C}_{40}$ -Alkylarylgruppe bedeuten oder  $R^{11}$  und  $R^{12}$  oder  $R^{11}$  und  $R^{13}$  jeweils mit den sie verbindenden Atomen einen Ring bilden,

$M^1$  Silizium, Germanium oder Zinn ist,

$R^8$  und  $R^9$  gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, ein Halogenatom, eine  $\text{C}_1\text{-C}_{20}$ -Alkylgruppe,  $\text{C}_1\text{-C}_{20}$ -Fluoralkylgruppe, eine  $\text{C}_6\text{-C}_{30}$ -Arylgruppe, eine  $\text{C}_6\text{-C}_{30}$ -Fluorarylgruppe, eine  $\text{C}_1\text{-C}_{20}$ -Alkoxygruppe, eine  $\text{C}_2\text{-C}_{20}$ -Alkenylgruppe, eine  $\text{C}_7\text{-C}_{40}$ -Arylalkylgruppe, eine  $\text{C}_8\text{-C}_{40}$ -Arylalkenylgruppe, eine  $\text{C}_7\text{-C}_{40}$ -Alkylarylgruppe bedeuten oder  $R^8$  und  $R^9$  jeweils mit den sie verbindenden Atomen einen Ring bilden,

$R^{14}$  und  $R^{15}$  gleich oder verschieden sind und einen ein- oder mehrkernigen Kohlenwasserstoffrest, welcher mit dem Zirkoniumatom eine Sandwichstruktur bilden kann, bedeuten und  $m$  und  $n$  gleich oder verschieden sind und null, 1 oder 2 sind, wobei  $m$  plus  $n$  null, 1 oder 2 ist.

8. Metallocengemisch gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß in der Formel I  $R^1$  und  $R^2$  gleich oder verschieden sind und Methyl oder Chlor,  $R^3$  Wasserstoff,  $R^7$  einen Rest



bedeuten und  $n$  plus  $m$  null oder 1 sind und in Formel Ia  $R^{14}$  und  $R^{15}$  gleich oder verschieden sind und Fluorenyl, Indenyl oder Cyclopentadienyl sind, die auch substituiert sein können.



Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 94 11 4431

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE  |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Kategorie   | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betrifft<br>Anspruch   | KLASSIFIKATION DER<br>ANMELDUNG           |
| D, X  | EP-A-0 516 018 (HOECHST<br>AKTIENGESellschaft)<br>* das ganze Dokument *            | 1, 2, 4-8  | C08F10/06<br>C08F4/642<br>C07F17/00       |
| A   | US-A-4 939 217 (STRICKLEN)<br>* das ganze Dokument *                                | 1-8  |   |
| A   | WO-A-92 15619 (PHILLIPS PETROLEUM COMPANY)<br>* Beispiele *                         | 1-8  |   |
|   |   |  | RECHERCHIERTE<br>SACHGEBIETE (Int. CL. 6) |
|   |   |  | C08F                                      |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt   |   |  |   |
| Recherchenort<br>DEN HAAG   |   | Abschlußdatum der Recherche<br>11. Januar 1995   | Prüfer<br>Kaumann, E                      |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE   |   |  |   |
| X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer<br>anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |   | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder<br>nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument<br>A : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes<br>Dokument |   |

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**